

発明の名称

静磁波素子および妨害波除去装置

発明の背景

発明の分野

本発明は、静磁波を伝搬させる静磁波材料を用いた静磁波素子およびこの静磁波素子を用いた妨害波除去装置に関し、特に、入力信号から妨害波を除去する静磁波素子およびこの静磁波素子を用いた妨害波除去装置に関するものである。

背景技術の説明

近年、YIG（イットリウム-鉄-ガーネット）膜を用いた静磁波素子について種々の研究がなされている。例えば、高周波用フィルタ等に用いられる静磁波素子として、YIG膜を矩形に切断して対向する端面間で静磁波を共振させる直線端共振器（Straight Edge Resonator; SER）等が提案されている。

図18は、従来の静磁波素子の一例である上記の直線端共振器の構成を示す概略斜視図である。

図18に示すように、従来の静磁波素子では、導電体114上に誘電体基板116が配置され、誘電体基板116上にYIG膜112が配置され、YIG膜112上にGGG（ガドリニウム-ガリウム-ガーネット）基板113が配置される。また、YIG膜112の両側の誘電体基板116上に、入力用電極111aおよび出力用電極111bが配置されている。YIG膜112およびGGG基板113は、矩形形状に加工され、YIG膜112の長手方向に沿った端面（入力用電極111aおよび出力用電極111bと平行な端面）間で静磁波を共振させ、直線端共振器が構成されている。

上記の構成により、入力用電極111aに入力信号が入力されると、この入力信号に対応した高周波磁界が入力用電極111aから発生される。このとき、入力用電極111aおよび出力用電極111bに平行な方向に直流磁界Hが印加されており、入力用電極111aから発生される高周波磁界によりYIG膜112内に静磁波が誘起され、この静磁波がYIG膜112内を伝搬して長手方向に沿

った端面間で共振する。この静磁波が出力用電極 111b により電気信号に変換され、出力信号として取り出される。このようにして、図 18 に示す静磁波素子は、共振周波数に対応した所定の高周波信号を通過させる高周波フィルタとして機能する。

上記の従来の静磁波素子は、1. 4 mm × 4 mm と小型であり、簡略な構造により YIG 膜 112 の長手方向に沿った端面間における静磁波の共振を主モードとする共振器を構成することができる。しかしながら、この主モードの共振が YIG 膜 112 の長手方向において対向する端面（入力用電極 111a および出力用電極 111b と直交する方向に沿う端面）間のモードの共振と干渉を起こし、共振特性が双峰特性になることが指摘されている。

上記の従来の静磁波素子の通過帯域幅を広げるために、2 つの直線端共振器を結合させた静磁波素子も提案されている。図 19 は、2 つの直線端共振器を結合させた従来の静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

図 19 に示す静磁波素子は、GGG 基板 113 と誘電体基板 116 との間に配置される 2 つの YIG 膜 112a, 112b を備え、2 つの YIG 膜 112a, 112b の内側の対向する端面が間隔 S だけ離間して平行になるように配置される。この静磁波素子では、2 つの YIG 膜 112a, 112b がそれぞれ直線端共振器として機能するとともに、2 つの直線端共振器が結合され、YIG 膜 112a, 112b の間隔 S を変化させることにより結合の強さが変化する。

図 20 は、図 19 に示す従来の静磁波素子の周波数特性を示す図である。例えば、間隔 S が約 1 mm 以下の場合、図 20 に示すように、挿入損失は約 15 dB となり、3 dB 帯域幅は約 10 MHz となり、抑圧度は約 25 dB となり、図 18 に示す静磁波素子より通過帯域幅を拡大することができる。

また、近年では、無線 LAN (Local Area Network) 等に採用されるスペクトル拡散通信方式において、2. 4 GHz 帯のスペクトル拡散された入力信号に重畠した狭帯域の妨害波を除去するために静磁波素子を用いることが提案されている。この場合、静磁波素子には、3 dB 帯域幅として約 30 MHz 以上の広い帯域幅が必要とされる。このため、静磁波素子には、周波数選択性を持たせずに静磁波の伝搬可能帯域の全ての帯域で入力信号をフィルタリングする YIG 単結晶

薄膜が用いられており、この場合の通過帯域幅は、約900MHzであり、挿入損失は約10dBである。

しかしながら、図19に示す従来の静磁波素子では、図18に示す従来の静磁波素子より通過帯域幅を拡大することはできるが、3dB帯域幅が約10MHzであり、無線LAN等に用いられる静磁波素子として通過帯域幅が狭すぎる。また、挿入損失が約15dBと大きいため、挿入損失が大きくなり過ぎる。この点でも、無線LAN等に用いられる静磁波素子として使用することはできない。

また、上記の無線LAN等に用いられる従来の静磁波素子では、通過帯域幅は十分であるが、通過帯域幅の周波数特性の平坦性が悪く、フィルタリング後の出力信号の復調に悪影響を与える可能性がある。

また、図19に示す従来の静磁波素子では、間隔Sを小さくすることにより、挿入損失をある程度改善することができるが、この場合、抑圧度が低下し、所望の高周波信号のみを通過させることができない。逆に、間隔Sを大きくすると、抑圧度をある程度改善することができるが、挿入損失が増大し、所望の高周波信号を損失なく通過させることができない。

ここで、妨害波除去装置に用いられる静磁波素子について説明する。

図21は、従来の静磁波素子の構成を示す斜視図である。図21に示すように、従来の静磁波素子では、GGG（ガドリニウム-ガリウム-ガーネット）基板200上にYIG（イットリウム-鉄-ガーネット）膜100が形成され、YIG膜100上には入力用アンテナ電極300および出力用アンテナ電極400が形成される。

ここで、静磁波素子の動作原理について説明する。YIG膜100に一定強度で直流磁界Hを印加すると、電子の持つ磁気双極子が磁界の方向に向きを揃える。このとき、局的に高周波磁界が加わると、その近傍の磁気双極子は歳差運動を起こす。磁気双極子の歳差運動は、磁気双極子間の相互作用によりその隣の磁気双極子に伝わり、順次この歳差運動が伝わってYIG膜100中を伝播する。この波は速度が遅く、磁気エネルギーが支配的であるため、静磁波と呼ばれる。

上記の動作原理を利用し、図21に示す従来の静磁波素子では、入力用アンテナ電極300から発生される高周波磁界によりYIG膜100内に静磁表面波が

誘起され、この静磁表面波が入力用アンテナ電極 300 と出力用アンテナ用電極 400 との間を伝播する。伝播した静磁波は出力用アンテナ電極 400 により電気信号に変換され取り出される。

このとき、入力用アンテナ電極 300 に入力された信号は、周波数軸上でその静磁波素子の飽和レベルより低い場合は通過され、その飽和レベルを越える信号は出力飽和レベルに制限され、出力用アンテナ電極 400 から取り出される。このような性質を利用して、図 21 に示す静磁波素子は、静磁波フィルタとして妨害波除去装置に用いられる。

図 22 は、図 21 に示す静磁波素子を用いた従来の妨害波除去装置の構成を示すブロック図である。

図 22 に示す妨害波除去装置は、アンテナ 101、増幅器 102、静磁波フィルタ 103、逆拡散器 104 および復調器 105 を備える。静磁波フィルタ 103 には、図 21 に示す静磁波素子が用いられる。

アンテナ 101 は、直接拡散方式によりスペクトル拡散された拡散信号を受信して増幅器 102 へ出力する。増幅器 102 は、受信された拡散信号を静磁波フィルタ 103 の飽和レベルまで増幅して静磁波フィルタ 103 へ出力する。静磁波フィルタ 103 は、入力される信号のうち飽和レベルを越える信号を出力飽和レベルまで減衰させ、逆拡散器 104 へ出力する。逆拡散器 104 は、静磁波フィルタ 103 により出力飽和レベルに制限された信号を逆拡散して復調器 105 へ出力する。復調器 105 は、逆拡散された信号を復調して出力端子 OT へ出力する。

次に、上記のように構成された従来の妨害波除去装置の動作について説明する。図 23 は、図 22 に示す静磁波フィルタ 103 の入力信号および出力信号のスペクトルを示す図である。

アンテナ 101 は、ある特定の疑似雑音符号によりスペクトル拡散された拡散信号およびこの拡散信号に混入した妨害波を受信する。拡散信号は、広い周波数範囲に低いレベルで拡散したスペクトル特性を有し、妨害波は、拡散信号の中心周波数付近に狭い周波数範囲で高いレベルのスペクトル特性を有する。

図 23 の (a) は、増幅器 102 から出力される拡散信号のスペクトルを示し

ている。図23の(a)に示すように、増幅器102は、拡散信号を静磁波フィルタ103の飽和レベルまで増幅し、増幅した拡散信号a1を出力する。また、ここで、妨害波も増幅され、妨害波b1となる。

図23の(b)は、静磁波フィルタ103から出力される拡散信号のスペクトルを示している。図23の(b)に示すように、静磁波フィルタ103は、通過帯域P1内の周波数を有する信号を通過させる帯域通過型静磁波フィルタとして動作し、通過帯域P1内において、上記の飽和レベルまでの信号を通過させるとともに、この飽和レベルを越える信号を出力飽和レベルまで減衰させる。したがって、拡散信号a1は、静磁波フィルタ103を通過して拡散信号a2となり、妨害波b1は、拡散信号a2のレベルと等しいレベルまで減衰されて妨害波b2となる。

その後、静磁波フィルタ 103 の出力信号は、送信側で使用された疑似雑音符号と同一の符号を逆拡散器 104 により乗算されて逆拡散され、拡散信号は、元の狭帯域で高レベルの信号となり、逆に、妨害波はスペクトル拡散され、広い周波数範囲に低いレベルで拡散された妨害波となる。最後に、逆拡散された信号は、復調器 105 により所定の復調方式に従い元のデータに復調され、復調されたデータは、出力端子 OT から出力される。

上記のように、従来の妨害波除去装置では、所定の通過帯域すなわち拡散波 α 1 の周波数範囲を含む通過帯域 P_1 となるように、一定強度の直流磁界 H を静磁波フィルタ 103 に印加している。しかしながら、外部環境の変化や妨害波除去装置自身の発熱により、静磁波フィルタ 103 の動作温度が変化した場合、この温度変化により静磁波フィルタ 103 の通過帯域がドリフトする。

図24は、図22に示す従来の妨害波除去装置において温度が高温側にシフトした場合の通過帯域のドリフト状態を説明するための図である。

例えば、外部温度が上昇し、静磁波フィルタ 103 の動作温度が上昇した場合、YIG 膜 1 の飽和磁化が変化して最適動作磁界が変化する。この結果、図 23 に示す通過帯域 P1 は、高周波側にドリフトし、図 24 に示す通過帯域 P2 となる。この状態で拡散信号 a1 を静磁波フィルタ 103 によりフィルタリングすると、図 24 の (b) に示すように、拡散信号 a1 の低周波側の信号が減衰されて拡散

信号 a_2' となり、 a 部の信号成分が消失してしまう。このように、一部の信号成分が消失した拡散信号 a_2' を用いて逆拡散等を行い復調されたデータには、エラーが発生し、通信品質を著しく劣化させる。

発明の概要

本発明の目的は、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる静磁波素子を提供することである。

本発明の他の目的は、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができ、さらに、容易に製造することができる静磁波素子を提供することである。

本発明のさらに他の目的は、挿入損失を増大させることなく、抑圧度を増大させることができる静磁波素子を提供することである。

本発明のさらに他の目的は、温度変化等によるフィルタリング帯域のドリフトを補正することができる静磁波素子および妨害波除去装置を提供することである。

本発明の一局面に従う静磁波素子は、第 1 および第 2 の端面を有し、静磁波材料からなる磁性層を備え、磁性層は、第 1 の端面と第 2 の端面との間で静磁波を伝搬させ、第 2 の端面は、第 1 の端面に対して第 1 の間隔を有する第 1 の部分と、第 1 の端面に対して第 1 の間隔と異なる第 2 の間隔を有する第 2 の部分とを有するものである。

本発明に係る静磁波素子においては、磁性層の第 1 の端面と第 2 の端面との間で静磁波が伝搬され、第 2 の端面の第 1 の部分は、第 1 の端面に対して第 1 の間隔を有し、第 2 の部分は、第 1 の端面に対して第 1 の間隔と異なる第 2 の間隔を有している。すなわち、静磁波が伝搬される間隔として、磁性層内において第 1 の間隔と第 2 の間隔との 2 つの間隔が設けられ、第 1 の端面と第 2 の端面の第 1 の部分との間では、第 1 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波が選択的に反射され、第 1 の端面と第 2 の端面の第 2 の部分との間では、第 2 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波が選択的に反射される。

したがって、選択的に反射することができる静磁波の波長の範囲が拡大し、挿

入損失を増大させることなく、静磁波素子の通過帯域幅を拡大することができる。また、磁性層の第1の間隔と第2の間隔とが異なり、磁性層とその周りの空間との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化しないため、磁性層とその周りの空間とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。この結果、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。

第1の部分は、第1の端面に対して第1の間隔で平行に配置された第1の端面部を含み、第2の部分は、第1の端面に対して第2の間隔で平行に配置された第2の端面部を含むことが好ましい。

この場合、第1の端面部が第1の端面に対して第1の間隔で平行に配置され、第2の端面部が第1の端面に対して第2の間隔で平行に配置され、平行な各端面間で静磁波をより選択的に反射することができる。

静磁波素子は、第1および第2の端面間で静磁波を共振させる共振器であることが好ましい。

この場合、第1および第2の端面間で静磁波が選択的に共振し、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる共振器を実現することができる。

磁性層は、第1および第2の端面と交わる方向に所定間隔だけ隔てて配置される第1および第2の磁性層を含むことが好ましい。

この場合、磁性層が所定間隔だけ隔てて配置された第1および第2の磁性層から構成され、各磁性層の第1の間隔と第2の間隔とが異なり、各磁性層とその間の空間との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化しないため、各磁性層とその間の空間とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性をより平坦化することができる。

第1および第2の磁性層のうちの一方の上に配置される入力用線路と、第1および第2の磁性層のうちの他方の上に配置される出力用線路とをさらに備えることが好ましい。

この場合、入力用線路が一方の磁性層の上に配置され、出力用線路が他方の磁

性層の上に配置され、入力用線路および出力用線路と磁性層とが密着され、入力用線路および出力用線路と磁性層との間の損失を低減することができ、挿入損失をより低減することができる。

本発明の他の局面に従う静磁波素子は、第1および第2の端面を有し、静磁波を伝搬させる静磁波材料から磁性層を備え、磁性層は、第1および第2の端面間に形成された少なくとも1本の溝により複数の磁性層に分離され、溝の断面は、少なくとも一つの段差を有する階段状であるものである。

本発明に係る静磁波素子においては、磁性層が第1および第2の端面間に形成された溝により第1の端面と溝の一方の側面により形成される端面とを有する磁性層と、第2の端面と溝の他方の側面により形成される端面とを有する磁性層とに分離され、溝の断面が少なくとも一つの段差を有する断面形状を有しているため、これらの磁性層のうち少なくとも一つの磁性層は、端面間の間隔が異なり、間隔が異なる端面間で静磁波を共振させる共振器を含む複数の共振器を結合した共振器を作製することができる。

したがって、静磁波が伝搬される間隔として少なくとも一つの磁性層内において異なる間隔が設けられ、異なる波長を有する複数の静磁波を選択的に共振させることができる。この結果、選択的に共振させることができる静磁波の波長の範囲が拡大し、挿入損失を増大させることなく、静磁波素子の通過帯域幅を拡大することができる。

また、溝の断面が階段状であるため、磁性層と溝との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化せず、磁性層と溝とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。

さらに、少なくとも1本の溝を形成することにより上記の共振器を作製することができるので、その製造方法も容易となる。

この結果、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができ、さらに、容易に製造することができる。

溝の断面形状は、溝の中央部が最も深くかつ鏡面対称であることが好ましい。この場合、溝の断面形状が中央部で最も深くかつ鏡面対称であるため、第1およ

び第2の端面に対して間隔の異なる端面を各磁性層に容易に形成することができ、通過帯域幅をより拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性をより平坦化することができる。

溝は、機械加工により形成された溝であることが好ましい。この場合、研削、研磨等の機械加工により溝を形成することができるので、化学的なエッチングやイオンミリング等に比べて略矩形形状の深い溝を、磁性層の結晶性等に影響されず、磁性層の任意の位置に高精度に形成することができる。

本発明のさらに他の局面に従う静磁波素子は、静磁波を伝搬させる静磁波材料からなり、所定方向に沿って直流磁界が印加される磁性層と、直流磁界の印加方向における磁性層の両端部側に設けられる第1および第2の強磁性層とを備えるものである。

本発明に係る静磁波素子は、静磁波を伝搬させる静磁波材料からなる磁性層に所定方向に沿って直流磁界が印加され、直流磁界の印加方向における磁性層の両端部側に第1および第2の強磁性層が設けられる。したがって、第1および第2の強磁性層の磁気バイアス効果により直流磁界が均一化され、直流磁界による磁性層内の磁化がより均一に行われる。この結果、主モードの静磁波を磁性層内で効率よく伝搬させることができるとともに、他のモードの静磁波の伝搬を抑制して他のモードによる主モードへの干渉を低減することができるので、挿入損失を増大させることなく、抑圧度を増大させることができる。

第1および第2の強磁性層は、磁性層の正面の上に形成されることが好ましい。この場合、第1および第2の強磁性層と磁性層とを密着させることができるので、第1および第2の強磁性層による磁気バイアス効果を磁性層に効率よく作用させることができ、磁性層内における磁化の均一性をより改善することができる。

第1および第2の強磁性層の対向する端部は、平行でないことが好ましい。この場合、第1および第2の強磁性層の端部に沿った磁性層の部分が反射界面となり、第1および第2の強磁性層の対向する端部が平行でないため、磁性層の反射界面も平行でなくなり、第1および第2の強磁性層間の方向に磁性層内を伝搬する他のモードの静磁波が共振することなく反射される。したがって、第1および第2の強磁性層間の方向に磁性層内を伝搬する他のモードの静磁波の共振を抑制

することができるので、他のモードによる主モードへの干渉を十分に低減することができ、抑圧度をより向上することができるとともに、挿入損失をより改善することができる。

第1および第2の強磁性層は、硬質磁性体からなることが好ましい。この場合、磁性層内の主モードの共振に寄与しないスピニの量を少なくすることができるのと、第1および第2の強磁性層の磁気バイアス効果をより向上することができ、抑圧度をより向上することができるとともに、挿入損失をより改善することができる。

磁性層は、互いに平行な第1および第2の端面を有し、静磁波素子は、第1および第2の端面間で静磁波を共振させる共振器であることが好ましい。

この場合、第1および第2の端面間を伝搬する主モードの静磁波を第1および第2の端面間で効率よく共振させることができるとともに、他のモードの静磁波の共振を抑制して他のモードによる主モードへの干渉を低減することができるので、挿入損失を増大させることなく、抑圧度を増大させた共振器を実現することができる。

磁性層は、複数の磁性層を含み、複数の磁性層は、所定間隔を隔てて隣接する磁性層の第1および第2の端部が平行になるように配置され、第1および第2の強磁性層は、複数の磁性層の各々に設けられることが好ましい。

この場合、複数の磁性層の各々により共振器を構成し、複数の共振器を結合することができるので、通過帯域幅を拡大することができる。

本発明のさらに他の局面に従う静磁波素子は、静磁波を伝搬させる静磁波材料からなる磁性体と、磁性体に直流磁界を印加する直流磁界印加装置と、直流磁界印加装置により印加される直流磁界に加えて、その磁界強度を調整可能な補助磁界を磁性体に印加する補助磁界印加装置とを備えるものである。

本発明に係る静磁波素子においては、直流磁界印加装置により印加される直流磁界に加えて、その磁界強度を調整可能な補助磁界印加装置により補助磁界が磁性体に印加されている。したがって、温度変化等により磁性体の飽和磁化が変化して最適動作磁界が変化し、静磁波素子のフィルタリング帯域が変化した場合、補助磁界印加装置により補助磁界の強度を調整して磁性体に印加する磁界を最適

動作磁界に設定することができるので、温度変化等によるフィルタリング帯域のドリフトを補正することができる。

補助磁界印加装置は、コイルに電流を流すことにより磁界を発生する電磁石を含むことが好ましい。

この場合、電磁石のコイルに電流を印加し、この電流値を制御することにより電磁石から発生する磁界の強度を高精度に調整することができるので、コイルに流す電流値を制御するという簡便な方法により所望の磁界強度で補助磁界を印加することができ、温度変化等によるフィルタリング帯域のドリフトを高精度に補正することができる。

補助磁界印加装置は、電流を流すことにより磁界を発生する補助磁界印加膜を含んでもよい。

この場合、補助磁界印加膜に電流を印加し、この電流値を制御することにより補助磁界印加膜から発生される磁界の強度を高精度に調整することができるので、補助磁界印加膜に流す電流値を制御するという簡便な方法により補助磁界の強度を最適な強度に調整することができる。また、補助磁界印加膜を付加するという簡略な構成により補助磁界を印加することができ、素子の小型化を図ることができる。

静磁波素子は、その主面に磁性体が配置される基板をさらに備え、補助磁界印加膜と磁性体とが基板を挟むように配置されることが好ましい。

この場合、静磁波用媒質として良好な特性を有する磁性体を基板の上に容易に製造することができるとともに、基板を挟んで磁性体と反対側に補助磁界印加膜が配置されるので、補助磁界印加膜の影響を受けることなく、磁性体の主面上に入力用アンテナ電極および出力用アンテナ電極を容易に形成することができる。また、補助磁界印加膜と磁性体との間に基板が挟まれているので、補助磁界印加膜への通電により発生される熱が磁性体に直接伝導されることを防止することができ、補助磁界印加膜の発熱の影響を抑制することができる。

本発明のさらに他の局面に従う妨害波除去装置は、入力信号から妨害波を除去する妨害波除去装置であって、静磁波を伝搬させる静磁波材料からなる磁性体、磁性体に直流磁界を印加する直流磁界印加装置、および直流磁界印加装置により

印加される直流磁界に加えてその磁界強度を調整可能な補助磁界を磁性体に印加する補助磁界印加装置を含む静磁波素子と、補助磁界印加装置から発生される補助磁界の強度を制御する制御装置とを備え、静磁波素子は、所定のフィルタリング帯域を有する静磁波フィルタであり、制御装置は、静磁波フィルタのフィルタリング帯域の変化を検出する検出装置と、検出装置により検出されたフィルタリング帯域の変化に応じて補助磁界印加装置に供給する電流値を制御する電流制御装置とを含むものである。

本発明に係る妨害波除去装置では、静磁波フィルタのフィルタリング帯域の変化が検出され、検出されたフィルタリング帯域の変化に応じて補助磁界印加装置に供給する電流値が制御される。したがって、温度変化等により静磁波フィルタのフィルタリング帯域が変化した場合、フィルタリング帯域の変化に応じて補助磁界印加装置により補助磁界の強度を調整して磁性体に印加する磁界を最適動作磁界に設定することができるので、温度変化等によるフィルタリング帯域のドリフトを補正することができる。この結果、静磁波フィルタのフィルタリング帯域を常に適正な範囲に設定することができるので、通信品質を常に良好な状態に保つことができる。

検出装置は、静磁波フィルタの挿入損失の変化を検出する挿入損失検出装置を含むことが好ましい。

この場合、静磁波フィルタのフィルタリング帯域が変化すると、フィルタリング帯域の変化に応じて挿入損失が変化するので、挿入損失の変化を検出することにより、温度変化等によるフィルタリング帯域の変化を検出することができる。

挿入損失検出装置は、静磁波フィルタのフィルタリング帯域のエッジ部における挿入損失の変化を検出することが好ましい。

この場合、フィルタリング帯域が変化した時に挿入損失が大きく変化するエッジ部において挿入損失の変化を検出しているので、フィルタリング帯域の変化を高感度に検出することができる。

挿入損失検出装置は、静磁波フィルタのフィルタリング帯域の高周波側および低周波側のエッジ部における挿入損失の変化を検出することが好ましい。

この場合、静磁波フィルタのフィルタリング帯域の高周波側および低周波側の

エッジ部における挿入損失の変化を検出しているので、フィルタリング帯域の高周波側および低周波側のいずれかにリップル等が発生した場合でも、フィルタリング帯域の変化を検出することができ、フィルタリング帯域の変化を確実に検出することができる。

本発明の前述および他の目的、特徴、局面および利点は、貼付の図面と関連して翻訳されるとき本発明の次の詳細な説明からより明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態による静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

図2は、図1に示す静磁波素子の概略断面図である。

図3は、図1に示すYIG膜に溝を機械加工により形成する方法を説明するための概略斜視図である。

図4は、図1に示す静磁波素子の周波数特性を示す図である。

図5は、本発明の第2の実施の形態による静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

図6は、図5に示す静磁波素子および磁界発生器の平面図である。

図7は、図5に示す静磁波素子の製造方法を説明するための模式的断面図である。

図8は、図5に示す静磁波素子の周波数特性を示す図である。

図9は、本発明の第3の実施の形態による妨害波除去装置の構成を示すプロック図である。

図10は、図9に示す静磁波素子の構成を模式的に示す平面図である。

図11は、図10におけるA-A'線断面図である。

図12は、図10におけるB-B'線断面図である。

図13は、図9に示す静磁波素子の周波数特性を示す図である。

図14は、本発明の第4の実施の形態による妨害波除去装置に用いられる静磁波素子の構成を示す模式的平面図である。

図15は、図14におけるC-C'線断面図である。

図16は、図14に示す電磁石として用いられる薄膜コイルの一例の構成を示す斜視図である。

図17は、図16におけるD-D'線断面図である。

図18は、従来の静磁波素子の一例である直線端共振器の構成を示す概略斜視図である。

図19は、2つの直線端共振器を結合させた従来の静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

図20は、図19に示す従来の静磁波素子の周波数特性を示す図である。

図21は、従来の静磁波素子の構成を示す斜視図である。

図22は、図21に示す静磁波素子を用いた従来の妨害波除去装置の構成を示すブロック図である。

図23は、図22に示す静磁波フィルタの入力信号および出力信号のスペクトルを示す図である。

図24は、図22に示す従来の妨害波除去装置において温度が高温側にシフトした場合の通過帯域のドリフト状態を説明するための図である。

好みしい実施例の説明

以下、本発明の第1の実施の形態による静磁波素子について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態による静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

図1に示す静磁波素子は、入力用電極1a、出力用電極1b、2つのYIG（イットリウム-鉄-ガーネット）膜2a、2b、GGG（ガドリニウム-ガリウム-ガーネット）基板3および接地基板4を備える。

図1に示すように、接地基板4の上にGGG基板3が配置され、GGG基板3の上にYIG膜2a, 2bが配置され、YIG膜2aの上に入力用電極1aが配置され、YIG膜2bの上に出力用電極1bが配置されている。YIG膜2a, 2bには、永久磁石または電磁石等からなる磁界発生器（図示省略）によりYIG膜2a, 2bの長手方向に沿って直流磁界Hが印加されている。

入力用電極 1 a および出力用電極 1 b は、導電性の良好な金属からなり、例え

ば、Al、Cu、Au、Ag等を用いることができ、その断面形状は、図示のような四角形形状に特に限定されず、円形等の他の形状であってもよい。

YIG膜2a, 2bは、フェリ磁性体からなる磁性層であり、例えば、GGG基板3の表面に液相エピタキシャル成長させた磁性ガーネット単結晶膜であるY₃Fe₅O₁₂単結晶膜を用いることができる。なお、磁性層としては、この例に特に限定されず、静磁波を伝搬することができれば、他の静磁波材料を用いてよい。

YIG膜2a, 2bは、本実施の形態では、例えば、その幅が約2mm、その長さが5mm、その膜厚が25μmの矩形形状を有し、後述する機械加工により形成された溝5によりGGG基板3上で分離されるとともに、その長手方向の各端面が互いに平行になるように形成されている。なお、この場合のGGG基板3の幅は4.5mmであり、その長さは5mmであり、その厚さは400μmである。

次に、上記のように構成された静磁波素子の溝5の断面形状について説明する。図2は、図1に示す静磁波素子の概略断面図である。

図2に示すように、溝5の断面形状の上部の幅t1は500μmであり、中間部の幅t2は300μmであり、下部の幅t3は100μmであり、最も浅い部分の深さd1は10μmであり、次に深い部分の深さd2は20μmであり、最も深い部分の深さd3が30μmであり、中央部が最も深く鏡面対称の形状となっている。

ここで、YIG膜2a, 2bの厚さは25μmであるため、GGG基板3の表面から深さ5μmだけ溝5の中央部がGGG基板3にも形成されている。したがって、YIG膜2a, 2bがGGG基板3上で完全に分離され、YIG膜2a, 2bの断面形状も溝5を中心として鏡面対称となっている。なお、溝5の深さは、YIG膜2a, 2bを完全に分離することができればよく、YIG膜2a, 2bの厚さと同一にしてもよく、また、GGG基板3内により深く形成してもよい。

上記の断面形状を有する溝5により、YIG膜2aでは長手方向の端面20aに対して第1～第3端面20b～20dがそれぞれ平行に形成され、各端面間の距離は100μmずつ異なっている。したがって、端面20aと第1の端面20

bとの間では、端面20aと第1の端面20bとの間の第1の間隔の2倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成され、端面20aと第2の端面20cとの間では、端面20aと第2の端面20cとの間の第2の間隔（第1の間隔+100μm）の2倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成され、端面20aと第3の端面20dとの間では、端面20aと第3の端面20dとの間の第3の間隔（第1の間隔+200μm）の2倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成されている。

また、溝5の断面が鏡面対称に形成されているため、YIG膜2bにおいても、YIG膜2aと同様に、端面21aと第1の端面21bとの間の第1の間隔、端面21aと第2の端面21cとの間の第2の間隔および端面21aと第3の端面21dとの間の第3の間隔の2倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成されている。

なお、溝5の断面形状は、上記の例に特に限定されず、共振器を構成する端面間の間隔が異なるものであれば、他の形状を用いてもよく、例えば、テーパー状、曲線状またはこれらを複合した形状等を用いてもよい。また、各端面をYIG膜2a, 2bの長手方向に沿って直線状に形成したが、長手方向に沿って階段状、テーパー状、曲線状等の形状で端面を形成してもよい。

次に、上記のように構成された静磁波素子の動作について説明する。まず、外部から入力信号が入力用電極1aに入力されると、この入力信号に対応した高周波磁界が入力用電極1aから発生される。このとき、YIG膜2aの長手方向に沿って直流磁界Hが印加されており、入力用電極1aから発生された高周波磁界によりYIG膜2a内に静磁表面波が誘起される。

YIG膜2a内に誘起された静磁表面波のうち端面20aと第1の端面20bとの間の第1の間隔の2倍の波長を有する静磁波は、端面20aと第1の端面20bとの間で選択的に反射され、このモードを主モードとして選択的に共振する。

また、誘起された静磁表面波のうち端面20aと第2の端面20cとの間の第2の間隔の2倍の波長を有する静磁波は、端面20aと第2の端面20cとの間で選択的に反射され、このモードを主モードとして選択的に共振する。

さらに、誘起された静磁表面波のうち端面 20 a と第 3 の端面 20 d との間の第 3 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波は、端面 20 a と第 3 の端面 20 d との間で選択的に反射され、このモードを主モードとして選択的に共振する。

上記のようにして、YIG 膜 2 a では、波長の異なる 3 つの静磁波が選択的に共振され、これらの静磁波を YIG 膜 2 a 内で効率よく伝搬させることができる。

次に、YIG 膜 2 a の第 1 ~ 第 3 の端面 20 b ~ 20 d と YIG 膜 2 b の第 1 ~ 第 3 の端面 21 b ~ 21 d とは溝 5 を介して平行に配置されており、YIG 膜 2 a, 2 b が共振器として結合される。このとき、YIG 膜 2 a, 2 b では、各端面間の第 1 ~ 第 3 の間隔が徐々に変化しているため、YIG 膜 2 a, 2 b とその間の溝 5 (空間、本実施の形態では空気) との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化せず、YIG 膜 2 a, 2 b と溝 5 とのインピーダンスの整合性が改善される。この結果、第 1 の間隔の 2 倍の波長から第 3 の間隔の 2 倍の波長までの範囲の静磁波を溝 5 を介して YIG 膜 2 a から YIG 膜 2 b へ効率よく伝搬させることができる。

ここで、YIG 膜 2 b も、YIG 膜 2 a と同様に、端面 21 a に対して第 1 ~ 第 3 の端面 21 b ~ 21 d が設けられているので、上記と同様にして、端面 21 a と第 1 ~ 第 3 の端面 21 b ~ 21 d との間の第 1 ~ 3 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波を選択的に共振させ、YIG 膜 2 b の長手方向に平行な端面間の主モードの静磁波のみを効率よく伝搬させ、波長の異なる 3 つの静磁波を YIG 膜 2 b 内で効率よく伝搬させることができる。

このようにして、YIG 膜 2 a, 2 b がそれぞれ共振器として動作するとともに、YIG 膜 2 a, 2 b と溝 5 とのインピーダンスの整合性が改善されて両共振器が低損失で結合され、両共振器の主モードの静磁波をより効率的に伝搬させることができる。効率よく伝搬された静磁波は、出力用電極 1 b により電気信号に変換され、出力信号として取り出される。この結果、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる共振器を実現することができる。

次に、上記のように構成された静磁波素子の製造方法のうち溝 5 の形成方法について説明する。図 3 は、図 1 に示す YIG 膜に溝を機械加工により形成する方

法を説明するための概略斜視図である。

図3に示すブレード6は、ダイシングソー装置において図中のy軸を回転中心として回転可能にかつ図中のz軸に平行に移動可能に構成された円盤形ブレードであり、その先端部の刃の断面形状は、矩形形状を有しており、矩形形状の溝を形成することができる。ステージ台9は、ダイシングソー装置において図中のx軸およびy軸にそれぞれ平行に移動可能に構成されかつ真空チャッキング機能を有する。

ブレード6としては、例えば、平均粒径3μmのダイヤモンド粒子を用いて電着法により形成され、ダイヤモンド粒子の充填率が50%で厚さが100μmのダイヤモンドブレードを用いることができる。なお、ブレード6としては、上記の例に特に限定されず、粉末冶金法により形成されたブレード等を用いてもよく、また、砥粒を熱硬化性樹脂等により固化したブレード等を用いてもよい。

まず、ブレード6をダイシングソー装置に装着し、被加工物7をワックスによりカーボン台8上に固定し、カーボン台8を真空チャッキングによりダイシングソー装置のステージ台9上に固定する。被加工物7は、長さが4.5mm、幅が5mmおよび厚さが400μmのGGG基板3の上に厚さ25μmのYIG膜がエピタキシャル成長により形成されたものである。

次に、ブレード6を図中の矢印方向に30000rpmの回転数で回転させるとともに、-z方向に移動させて所定位置に固定した状態で、ステージ台9を-x方向に移動させて被加工物7のYIG膜に深さ10μmのストライプ状の溝を形成する。

次に、ステージ台9をy方向へ400μmだけ移動させた後、上記と同様にブレード6を所定位置に固定した状態で、ステージ台9を-x方向に移動させて被加工物7のYIG膜に深さ10μmのストライプ状の溝を形成し、既に形成した溝と300μmだけ離間して並列に溝を形成する。

次に、ブレード6をz方向へ移動させた後、ステージ台9を-y方向へ300μmだけ移動させ、その後、ブレード6をさらに-z方向へ10μmだけ移動させ、さらに、ステージ台9を-x方向に移動させて被加工物7のYIG膜に深さ20μmのストライプ状の溝を形成する。

次に、ステージ台 9 を y 方向に $200 \mu\text{m}$ だけ移動させた後、上記と同様にブレード 6 を所定位置に固定した状態で、ステージ台 9 を $-x$ 方向に移動させて被加工物 7 の YIG 膜に深さ $20 \mu\text{m}$ のストライプ状の溝を形成し、既に形成した深さ $20 \mu\text{m}$ の溝と $100 \mu\text{m}$ だけ離間して並列に溝を形成する。

次に、ブレード 6 を z 方向へ移動させた後、ステージ台 9 を $-y$ 方向へ $100 \mu\text{m}$ だけ移動させ、その後、ブレード 6 をさらに $10 \mu\text{m}$ だけ $-z$ 方向へ移動させ、さらに、ステージ台 9 を $-x$ 方向に移動させて被加工物 7 の YIG 膜および GGG 基板に深さ $30 \mu\text{m}$ のストライプ状の溝を形成し、図 1 に示すように GGG 基板 3 上に溝 5 により分離された 2 つの YIG 膜 2a, 2b が形成される。

その後、入力用電極 1a および出力用電極 1b を所定のマスクを介して蒸着法等により YIG 膜 2a, 2b の上にそれぞれ形成し、図 1 に示すような各段差が $10 \mu\text{m}$ で最大の溝幅が $500 \mu\text{m}$ の 3 段の階段形状を有する溝 5 を備える静磁波素子が作製される。

上記のように、本実施の形態では、機械加工により溝 5 を形成しているので、所望の断面形状を有しあつ所望の溝幅および溝深さを有するストライプ状の溝を短時間で形成することができる。また、この機械加工では、YIG 膜の結晶性や結晶方向に依存することなく、所望の方向に矩形状の溝を高精度に作製することができる。

なお、溝の形成順序は、上記の例に特に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、溝を片側から順次形成したり、中央部から溝を形成したりしてもよく、また、幅の異なる複数のブレード、例えば、 $500 \mu\text{m}$ の幅を有するブレードを用いて最も浅い溝を一度に加工し、次に、 $300 \mu\text{m}$ 幅のブレードを用いて次に深い溝を一度に加工し、最後に、 $100 \mu\text{m}$ 幅のブレードを用いて最も深い溝を加工するようにしてもよい。

次に、上記の製造方法により作製した図 1 に示す静磁波素子の周波数特性について説明する。図 4 は、図 1 に示す静磁波素子の周波数特性を示す図である。なお、作製した静磁波素子の周波数特性の測定時に用いた直流磁界 H の磁場強度は、 $2.4 \times 10^4 \text{ A/m}$ である。

図 4 に示すように、図 1 に示す静磁波素子では、挿入損失が 5.0 dB と小さ

くなり、また、3 dB 帯域幅が 40 MHz に拡大されるとともに平坦な特性となっており、挿入損失を低下させることができるとともに、通過帯域幅を拡大することができ、さらに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができた。

上記のように、本実施の形態では、YIG膜がGGG基板3の上で溝5によりYIG膜2a, 2bに分離され、溝5の断面が階段状の断面形状を有しているため、端面間の間隔が異なるYIG膜2a, 2bを作製することができ、端面間で静磁波を共振させる2つのYIG膜2a, 2bを結合した共振器を作製することができる。

したがって、静磁波が伝搬される間隔として、各YIG膜2a, 2b内において3つの間隔が設けられ、異なる波長を有する3つの静磁波が選択的に共振される。この結果、選択的に共振される静磁波の波長の範囲が拡大し、挿入損失を増大させることなく、静磁波素子の通過帯域幅を拡大することができる。

また、溝5の断面が階段状であるため、各YIG膜2a, 2bと溝5との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化せず、各YIG膜2a, 2bと溝5とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。さらに、1本の溝5を形成することにより上記の共振器を作製することができるので、その製造方法も容易となる。

このように、本実施の形態では、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができ、さらに、容易に製造することができる。

上記のように、本発明による静磁波素子は、挿入損失が小さく、通過帯域幅が広く、かつ通過帯域内の周波数特性が平坦化な共振器として動作することができるので、種々のフィルタリング用途に好適に用いることができる。例えば、直接拡散方式、周波数ホッピング方式等のスペクトル拡散通信方式を用いた妨害波除去装置の高周波フィルタとして好適に用いることができ、無線LAN（Local Area Network）、CDMA（Code Division Multiple Access）方式の携帯電話等のいわゆるセルラー無線システム等に用いることができる。

なお、上記の説明では、YIG膜2a, 2bの間に階段状の断面を有する溝5を形成して2つの共振器を結合する例を示したが、YIG膜2a, 2bの間に断

面が矩形形状の1本の溝を形成し、分離された2つのYIG膜の外側の端面に階段状の端面を形成しても、同様の効果を得ることができる。また、共振器の結合数は、上記の2個に特に限定されず、少なくとも1つの共振器を構成するYIG膜において端面間の間隔が異なっていれば、共振器を単独で用いてもよく、また、3個以上の複数の共振器を結合して用いてもよい。

また、本実施の形態では、入力用電極と平行な方向に沿って直流磁界を印加して静磁表面波を用いたが、直流磁界の印加方向は、この例に特に限定されず、他の方向に沿って印加して静磁後進体積波または静磁前進体積波等を用いてもよい。また、印加する直流磁界の磁場強度も、上記の例に特に限定されず、種々の変更が可能である。

以下、本発明の第2の実施の形態による静磁波素子について図面を参照しながら説明する。図5は、本発明の第2の実施の形態による静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

図5に示す静磁波素子は、入力用電極1a、出力用電極1b、2つのYIG(イットリウム-鉄-ガーネット)膜2a、2b、GGG(ガトリニウム-ガリウム-ガーネット)基板3、接地基板4および4つの強磁性層5a～5dを備える。

図5に示すように、接地基板4の上にGGG基板3が配置され、GGG基板3の上にYIG膜2a, 2bが配置され、YIG膜2a, 2bの正面（GGG基板3側と反対側の正面）上でかつYIG膜2a, 2bの長手方向の両端部側に強磁性層5a～5dがそれぞれ配置されている。また、YIG膜2aの上に入力用電極1aが配置され、YIG膜2bの上に出力用電極1bが配置され、YIG膜2a, 2bには、磁界発生器（図6を参照）によりYIG膜2a, 2bの長手方向に沿って直流磁界Hが印加されている。

入力用電極 1 a および出力用電極 1 b は、導電性の良好な金属からなり、例えば、Al、Cu、Au、Ag 等を用いることができ、その断面形状は、図示のような四角形形状に特に限定されず、円形等の他の形状であってもよい。

YIG膜2a, 2bは、フェリ磁性体からなる磁性層であり、例えば、GGG基板3の表面に液相エピタキシャル成長させた磁性ガーネット単結晶膜であるY

Fe_3O_{12} 単結晶膜を用いることができる。なお、磁性層としては、この例に特に限定されず、静磁波を伝搬することができれば、他の静磁波材料を用いてもよい。

YIG膜2a, 2bは、本実施の形態では、例えば、その幅が2mm、その長さが5mm、その膜厚が $2.5\text{ }\mu\text{m}$ の矩形形状を有し、YIG膜2a, 2bの間の間隔Sが0.2mmとなりかつその長手方向に沿った各端面が互いに平行になるように配置されている。すなわち、各YIG膜2a, 2bの長手方向に沿った各端面が互いに平行になるとともに、YIG膜2a, 2bの内側の各端面も互いに平行になる。なお、この場合のGGG基板3の幅は4.2mmであり、その長さは5mmであり、その厚さは $400\text{ }\mu\text{m}$ である。

強磁性層5a～5dは、強磁性体からなり、本実施の形態では、例えば、CoPtからなり、その保持力は、約 160 kA/m （約 2 kOe ）である。また、強磁性層5a～5dは、上記の例に特に限定されず、種々の強磁性体を用いることができるが、後述する磁気バイアス効果を高めるため、硬質磁性体からなることが好ましい。

強磁性層5a～5dは、直流磁界Hの印加方向におけるYIG膜2a, 2bの両端部側にそれぞれ配置される。なお、強磁性層5a～5dの配置は、図示の位置に特に限定されず、直流磁界Hの印加方向におけるYIG膜2a, 2bの両端部側であれば、他の位置に配置してもよい。

強磁性層5a～5dは、その厚さが $0.1\text{ }\mu\text{m}$ であり、三角形状を有している。なお、強磁性層5a～5dの形状は、上記の例に特に限定されず、種々の形状を採用することができる。例えば、強磁性層5a～5dの形状としては、四角形、台形、四分の一円等の種々の形状を用いることができ、また、その膜厚をより厚くすることも可能であり、強磁性層の下部のYIG膜2a, 2bを省略し、GGG基板3の上面からYIG基板2a, 2bの上面までの全てを強磁性層により形成してもよい。

但し、後述するように他のモードの静磁波を減衰させるため、強磁性層5aと強磁性層5cとの対向する端部および強磁性層5bと強磁性層5dとの対向する端部は、互いに平行でないことが好ましい。

次に、上記のように構成された静磁波素子に直流磁界Hを印加する方法について説明する。図6は、図5に示す静磁波素子および磁界発生器の平面図である。

図6に示すように、図5に示す静磁波素子のYIG膜2a, 2bの長手方向の両側に永久磁石6a, 6bが配置され、永久磁石6a, 6bは、永久磁石6a, 6bから発生される磁束を環流させて閉回路を構成するためのヨーク7に固定されている。

上記の構成により、図6中の矢印で示すように、永久磁石6aから発生した磁束は、YIG膜2a, 2bを通って永久磁石6bへ導かれ、ヨーク7内を環流し、YIG膜2a, 2bの長手方向に沿って直流磁界Hが印加される。なお、直流磁界Hを発生させる磁界発生器は、上記の永久磁石等に特に限定されず、電磁石等の他の磁界発生器を用いてもよい。

次に、上記のように構成された静磁波素子の動作について説明する。まず、外部から入力信号が入力用電極1aに入力されると、この入力信号に対応した高周波磁界が入力用電極1aから発生される。このとき、YIG膜2aの長手方向に沿って直流磁界Hが印加されており、入力用電極1aから発生された高周波磁界によりYIG膜2a内に静磁表面波が誘起され、この静磁表面波が主モードとしてYIG膜2aの長手方向に平行な端面間で伝搬しながら反射されて共振する。

このとき、強磁性層5a, 5bの磁気バイアス効果により直流磁界Hが均一化され、直流磁界HによるYIG膜2a内の磁化がより均一に行われる。この結果、主モードの静磁波をYIG膜2a内で効率よく伝搬させることができる。

また、永久磁石6a, 6bがYIG膜2aの長手方向に対して位置ずれした状態で配置され、直流磁界Hの印加方向がYIG膜2aの長手方向からずれている場合でも、強磁性層5a, 5bの磁気バイアス効果により直流磁界Hを強磁性層5bから強磁性層5aの方向すなわちYIG膜2aの長手方向へ導くことができる。したがって、磁界発生器と静磁波素子との位置合わせマージンを大きくすることができ、製造工程がより容易となる。

さらに、強磁性層5a, 5bの対向する端部が平行でないため、この端部に沿ったYIG層2aの部分が反射界面となり、この反射界面によりYIG膜2aの長手方向等に沿って伝搬する他のモードの静磁波が入射方向と異なる方向に反射

され、共振することなく減衰される。したがって、YIG膜2aの長手方向等に沿って伝搬する他のモードの静磁波の共振を抑制することができるので、他のモードによる主モードへの干渉を十分に低減することができる。

上記のようにして、YIG膜2aは、一つの直線端共振器として動作し、その長手方向に平行な端面間の主モードの静磁波のみを効率よく伝搬させ、これらの端面間で主モードの静磁波を効率よく共振させることができる。

次に、YIG膜2aとYIG膜2bとは、その長手方向に平行な内側の端面が間隔Sを隔てて平行に配置されており、YIG膜2a, 2bが共振器として結合され、YIG膜2aからYIG膜2bへ効率よく静磁波が伝搬される。

ここで、YIG膜2bも、YIG膜2aと同様に、強磁性層5c, 5dが設けられているので、上記と同様に、YIG膜2bも、一つの直線端共振器として動作し、その長手方向に平行な端面間の主モードの静磁波のみを効率よく伝搬させ、これらの端面間で主モードの静磁波を効率よく共振させることができる。

このようにして、YIG膜2a, 2bがそれぞれ共振器として動作するとともに、両共振器が低損失で結合し、両共振器の主モードの静磁波をより効率的に伝搬させることができる。YIG膜2bに伝搬された静磁波は、出力用電極1bにより電気信号に変換され、出力信号として取り出される。

次に、上記の静磁波素子の製造方法について説明する。図7は、図5に示す静磁波素子の製造方法を説明するための模式的断面図である。なお、図7の(e)は、図7の(a)～(d)に対して90度回転させた方向から見た図である。

まず、GGG基板3を準備し、GGG基板3上にYIG膜2を液層エピタキシャル成長法により形成した後、図7の(a)に示すように、YIG膜2の上にレジストを塗布し、所望のパターンを描画したマスクを用いてアライナ等の露光器により露光および現像を行い、所望のパターンを有するレジスト層8を形成する。

次に、図7の(b)に示すように、レジスト層8が形成されたYIG膜2の上にCOPtからなる強磁性層5をDCスパッタ法等により所定の膜厚になるよう成膜する。

次に、図7の(c)に示すように、レジスト層8を所定の剥離液を用いて除去し、強磁性層5をYIG膜2の長手方向の両端部に形成する。

次に、図7の(d)に示すように、ダイシングソー装置を用いて、図中の矢印方向に回転するブレード9をYIG膜2の長手方向に沿って走査して溝を形成する。この結果、図7の(e)に示すように、2つに分離されたYIG膜2a、2bがGGG基板3上に形成されるとともに、YIG膜2aの長手方向の両端部上に強磁性層5a、5cが形成され、YIG膜2bの長手方向の両端部上に強磁性層5b、5dが形成される。

最後に、図5に示す入力用電極1aおよび出力用電極1bをYIG膜2a, 2bおよび強磁性層5a～5dの上に形成し、図5に示す静磁波素子が作製される。なお、本発明の静磁波素子を製造する製造方法は、上記の例に特に限定されず、種々の変更が可能であり、例えば、ダイシングソー装置の代わりに、回転円板状ブレード等を用いた機械加工により同様の溝を形成してもよい。

次に、上記の製造方法により作製した図5に示す静磁波素子の周波数特性について説明する。図8は、図5に示す静磁波素子の周波数特性を示す図である。なお、作製した静磁波素子の周波数特性の測定時に用いた直流磁界Hの磁場強度は、
2. 4×10^4 A/mである。

図8に示すように、図5に示す静磁波素子では、挿入損失が5.0 dBと小さくなり、また、抑圧度は30 dB以上となり、挿入損失を低下させることができるとともに、抑圧度を増大することができた。

上記のように、本実施の形態では、YIG膜2a, bの両端側に形成された強磁性層5a～5dの磁気バイアス効果により、YIG膜2a, 2b内に主モードの共振に寄与しないスピノの量を低減することができ、YIG膜2a, 2b内における磁化の均一性を改善することができる。

この結果、主モードの静磁波を効率的に伝搬させるとともに、他のモードの静磁波の伝搬を抑制することができるので、静磁波素子の抑圧度を向上することができるとともに、挿入損失も低下させることができる。

上記のように、本発明による静磁波素子は、挿入損失が小さくかつ抑圧度が大きい共振器として動作することができるので、種々のフィルタリング用途に好適に用いることができる。例えば、直接拡散方式、周波数ホッピング方式等のスペクトル拡散通信方式を用いた妨害波除去装置の高周波フィルタとして好適に用い

ることができ、無線 LAN (Local Area Network)、CDMA (Code Division Multiple Access) 方式の携帯電話等のいわゆるセルラー無線システム等に用いることができる。

なお、上記の説明では、2つの直線端共振器を結合した共振器について説明したが、1つの共振器のみに本発明を適用してもよく、また、3個以上の共振器を結合して共振器を構成してもよい。また、本発明が適用される静磁波素子は、上記の直線端共振器に特に限定されず、他の構造を有する種々の静磁波素子に本発明を同様に適用することができる。

また、上記の製造方法では、1本の溝により2つの直線端共振器を作製する例を説明したが、複数の溝を形成し、複数の直線端共振器を作製してもよい。

また、本実施の形態では、入力用電極と平行な方向に沿って直流磁界を印加して静磁表面波を用いたが、直流磁界の印加方向は、この例に特に限定されず、他の方向に沿って印加して静磁後進体積波または静磁前進体積波等を用いてもよい。また、印加する直流磁界の磁場強度も、上記の例に特に限定されず、種々の変更が可能である。

また、YIG膜の長手方向の両端部にCu、Al等の導電体からなる2つの導電層を設けるとともに、2つの導電層が平行にならないように配置してもよい。この場合も、対向する端部が平行でない強磁性層と同様に、YIG膜の長手方向に沿って伝搬する他のモードの静磁波の共振を抑制することができるので、他のモードによる主モードへの干渉を低減することができる。

以下、本発明による妨害波除去装置について図面を参照しながら説明する。なお、以下の説明では、静磁波素子として帯域通過型静磁波フィルタを用いた妨害波除去装置について説明するが、本発明は、帯域阻止型静磁波フィルタおよびこれを用いた妨害波除去装置等にも同様に適用することができ、同様の効果を得ることができる。

図9は、本発明の第3の実施の形態による妨害波除去装置の構成を示すブロック図である。

図9に示す妨害波除去装置は、アンテナ11、静磁波素子12、逆拡散器13、復調器14、バンドパスフィルタ(BPF)15、16、レベル検出器17、18

8 および制御部 19 を備える。

アンテナ 11 は、例えば、直接拡散方式によりスペクトル拡散された拡散信号を受信し、静磁波素子 12 へ出力する。静磁波素子 12 は、入力された信号のうち飽和レベルを超える信号すなわち拡散信号に混入されている妨害波を出力飽和レベルまで減衰させ、逆拡散器 13 およびバンドパスフィルタ 15, 16 へ出力する。

なお、アンテナ 11 から出力される拡散信号のレベルが静磁波素子 12 の飽和レベルに達していない場合、アンテナ 11 と静磁波素子 12 との間に増幅器を設け、この増幅器により拡散信号のレベルを静磁波素子 12 の飽和レベルまで増幅して静磁波素子 12 へ出力するようにしてもよい。

バンドパスフィルタ 15 は、静磁波素子 12 の出力信号のうち静磁波素子 12 の通過帯域の低周波側のエッジ部の中間点における信号成分を抽出し、レベル検出器 17 へ出力する。レベル検出器 17 は、バンドパスフィルタ 15 の出力信号から静磁波素子 12 の通過帯域の低周波側のエッジ部の中間点における出力信号のレベルを検出し、その結果を制御部 19 へ出力する。

バンドパスフィルタ 16 は、静磁波素子 12 の出力信号のうち静磁波素子 12 の通過帯域の高周波側のエッジ部の中間点における信号成分を抽出し、レベル検出器 18 へ出力する。レベル検出器 18 は、バンドパスフィルタ 16 の出力信号から静磁波素子 12 の通過帯域の高周波側のエッジ部の中間点における出力信号のレベルを検出し、その結果を制御部 19 へ出力する。

制御部 19 は、レベル検出器 17, 18 から出力される静磁波素子 12 の通過帯域の低周波側および高周波側のエッジ部の中間点における信号のレベルの変化に応じて静磁波素子 12 に供給する電流の電流値を変化させることにより、静磁波素子 12 の補助磁界の強度を調整し、静磁波素子 12 の通過帯域のドリフトを補正する。

逆拡散器 13 は、送信側でスペクトル拡散に使用された擬似雑音符号と同一の符号を静磁波素子 12 の出力信号に乗算し、拡散信号を元の周波数帯域の信号に戻すとともに、拡散信号に混入した妨害波を拡散し、復調器 14 へ出力する。復調器 14 は、送信側の変調方式に応じた復調を行い、復調したデータを出力端子

OTへ出力する。

次に、図9に示す静磁波素子12について詳細に説明する。図10は、図9に示す静磁波素子の構成を模式的に示す平面図であり、図11は、図10におけるA-A'線断面図であり、図12は、図10におけるB-B'線断面図である。

図10～図12に示す静磁波素子12は、YIG(イットリウム-鉄-ガーネット)膜31、GGG(ガドリニウム-ガリウム-ガーネット)基板32、入力用アンテナ電極33、出力用アンテナ電極34、永久磁石35、36、ヨーク37および補助磁界印加膜38を備える。

YIG膜31はGGG基板32の上に形成され、アンテナ11から出力される信号を入力するための入力用アンテナ電極33およびYIG膜31を伝播する静磁波を電気信号に変換して逆拡散器13等へ出力するための出力用アンテナ電極34がYIG膜31の上に配置される。

YIG膜31の両側には、永久磁石35、36が配置され、永久磁石35、36は、永久磁石35、36から発生される磁束を環流させて閉回路を構成するためのヨーク37に固定されている。したがって、永久磁石35から発生した磁束は、YIG膜31を通って永久磁石36へ導かれ、ヨーク37内を環流し、図中の矢印で示すように、一定の直流磁界Hが入力用アンテナ電極33および出力用アンテナ電極34と平行にYIG膜31に印加される。なお、直流磁界Hを発生させる磁界発生器は、上記の永久磁石等に特に限定されず、電磁石等の他の磁界発生器を用いてもよい。

GGG基板32の下には、補助磁界印加膜38が配置される。図11に示すように、補助磁界印加膜38には、制御部19により直流磁界Hと直交する方向に電流Iが流され、図10および図12に示すように、補助磁界hが直流磁界Hと平行にYIG膜31に印加される。

YIG膜31は、静磁波を伝搬させる静磁波材料からなるフェリ磁性体であり、例えば、GGG基板32の表面に液相エピタキシャル成長させた $Y_3Fe_5O_{12}$ 単結晶膜からなり、Feの一部(例えば、20%以下)をGa、Al、Sc、Inにより置換してもよく、また、静磁波を伝搬することができれば、他の静磁波材料を用いてもよい。

$Y_3Fe_5O_{12}$ を用いた場合の飽和磁化 (Ms) は 1780 G であり、 YIG 膜 31 の ΔH (磁気共鳴半値幅) は、 例えば、 0.5 ~ 2.0 Oe であり、 ΔH は材料の結晶性に依存し、 結晶性が良いほど小さくなる。また、 YIG 膜 31 の膜厚として、 例えば、 約 $10 \mu m$ 以下のものを用いることができる。

GGG 基板 32 は、 誘電体材料からなり、 例えば、 $Gd_3Ga_5O_{12}$ が用いられ、 その厚さは、 例えば、 $30 \mu m$ である。

入力用アンテナ電極 33 および出力用アンテナ電極 34 は、 導電性金属からなり、 例えば、 Al、 Cu、 Au、 Ag 等を用いることができ、 その断面形状は、 図示のような四角形形状に特に限定されず、 円形等の他の形状であってもよい。

補助磁界印加膜 38 は、 導電性金属からなり、 例えば、 Cu、 Al 等を用いることができ、 本実施の形態では、 抵抗率 $2.3 \mu \Omega cm$ の Cu を用いている。 例えば、 GGG 基板 32 の厚さが $30 \mu m$ の場合、 $70mA$ の電流 I を図 11 に示す方向に沿って補助磁界印加膜 38 に流すことにより、 $5Oe$ ($370A/m$) の磁界強度で補助磁界 h を発生させることができる。 この場合、 補助磁界印加膜 38 の抵抗率が上記の値に設定されているため、 補助磁界印加膜 38 の発熱量を低く抑えることができ、 YIG 膜 31 の温度を変化させることなく、 十分な磁界強度で補助磁界 h を印加することができる。

本実施の形態では、 YIG 膜 31 が磁性体に相当し、 永久磁石 35、 36 およびヨーク 37 が直流磁界印加装置に相当し、 補助磁界印加膜 38 が補助磁界印加装置に相当する。 また、 バンドパスフィルタ 15、 16、 レベル検出器 17、 18 および制御部 19 が制御装置に相当し、 バンドパスフィルタ 15、 16 およびレベル検出器 17、 18 が検出装置および挿入損失検出装置に相当し、 制御部 19 が電流制御装置に相当する。

次に、 上記のように構成された妨害波除去装置の動作について説明する。 まず、 ある特定の擬似拡散符号によりスペクトル拡散された拡散信号がアンテナ 11 により受信される。 このとき、 拡散信号には妨害波が混入しており、 この妨害波も同時にアンテナ 11 により受信されるものとする。 拡散信号は、 広い周波数範囲に低いレベルで拡散したスペクトル特性を有し、 妨害波は、 狹い周波数範囲で高いレベルのスペクトル特性を有する。

受信された拡散信号および妨害波は、静磁波素子 1 2 へ出力され、入力用アンテナ電極 3 3 に入力されると、この入力信号に対応した高周波磁界が入力用アンテナ電極 3 3 から発生される。このとき、入力用アンテナ電極 3 3 と平行に直流磁界 H および補助磁界 h が印加されており、この高周波磁界により YIG 膜 3 1 内に静磁表面波が誘起され、この静磁表面波が入力用アンテナ電極 3 3 から出力用アンテナ電極 3 4 の方向へ伝播する。YIG 膜 3 1 を伝播する静磁波は、出力用アンテナ電極 3 4 により静磁表面波から電気信号に変換され、出力信号として出力される。

この結果、静磁波素子 1 2 は、所定の通過帯域を有する帯域通過型静磁波フィルタとして動作し、通過帯域内において飽和レベルを超える入力信号すなわち妨害波を減衰させるとともに、飽和レベル以下の入力信号すなわち拡散信号を通過させる。したがって、妨害波は、飽和レベルを超える部分が減衰され、拡散信号はそのまま通過される。

図 1 3 は、図 9 に示す静磁波素子 1 2 の周波数特性を示す図である。静磁波素子 1 2 は、例えば、図 1 3 において実線で示す周波数特性を有し、帯域通過型静磁波フィルタとして動作する。このとき、静磁波素子 1 2 の動作温度が高温側へシフトした場合、実線で示す周波数特性が破線で示す周波数特性へドリフトし、静磁波素子 1 2 の通過帯域が高周波側にドリフトする。

したがって、静磁波素子 1 2 の動作温度が上昇し、静磁波素子 1 2 の通過帯域が高周波側にドリフトした場合、測定点 M 1 の挿入損失は増大し、測定点 M 2 における挿入損失は減少する。逆に、静磁波素子 1 2 の動作温度が低下した場合、静磁波素子 1 2 の通過帯域は低周波側にドリフトし、測定点 M 1 における挿入損失は減少し、一方、測定点 M 2 における挿入損失は増大する。

ここで、本実施の形態では、バンドパスフィルタ 1 5 により測定点 M 1 の周波数を有する信号を抽出し、抽出した信号をレベル検出器 1 7 へ出力し、レベル検出器 1 7 により測定点 M 1 における静磁波素子 1 2 の挿入損失のレベルを検出している。

また、上記と同様に、バンドパスフィルタ 1 6 により測定点 M 2 の周波数を有する信号を抽出し、抽出した信号をレベル検出器 1 8 へ出力し、レベル検出器 1

8により測定点M 2における静磁波素子1 2の挿入損失のレベルを検出している。

このように、静磁波素子1 2の通過帯域がドリフトした場合、通過帯域の低周波側および高周波側の両エッジ部では、挿入損失が大きく変化するため、通過帯域の低周波側および高周波側の両エッジ部の中間部分すなわち測定点M 1, M 2における挿入損失を検出することにより、静磁波素子1 2の通過帯域のドリフト方向およびドリフト量を高感度かつ高精度に検出することができる。また、測定点が2点であるため、一方の測定点にリップル等が発生した場合でも、他方の測定点からフィルタリング帯域の変化を検出することができ、フィルタリング帯域の変化を確実に検出することができる。

制御部1 9は、上記のようにしてレベル検出器1 7, 1 8により測定された挿入損失から静磁波素子1 2の通過帯域が高周波側にドリフトしたことを検出した場合、補助磁界印加膜3 8に印加する電流Iの電流値を減少させ、補助磁界印加膜3 8から発生される補助磁界hの強度を低下させる。この結果、静磁波素子1 2の通過帯域が低周波側にシフトされ、静磁波素子1 2の通過帯域を元の適正な通過帯域に戻すことができる。

また、制御部1 9は、静磁波素子1 2の通過帯域が低周波側にドリフトしたことを検出した場合、上記と逆に補助磁界印加膜3 8に印加する電流Iの電流値を増加させ、補助磁界印加膜3 8から発生される補助磁界hの強度を増加させる。この結果、静磁波素子1 2の通過帯域が高周波側にシフトされ、静磁波素子1 2の通過帯域を元の適正な通過帯域に戻すことができる。

なお、挿入損失の測定点としては、上記の2点に特に限定されず、通過帯域の低周波側または高周波側の一方のみ測定点として用いてもよく、また、3点以上の測定点を用いてもよい。

上記のようにして、静磁波素子1 2では、制御部1 9等により常に最適な通過帯域を有するように補助磁界印加膜3 8から補助磁界hが印加され、妨害波が静磁波素子1 2の出力飽和レベルまで減衰されるとともに、拡散信号の信号成分の一部を消失させることなく、拡散信号が通過され、適正にフィルタリングされた拡散信号および妨害波が逆拡散器1 3へ入力される。

妨害波を含む拡散信号は、逆拡散器1 3により送信側で受信された擬似雑音符

号と同一の符号を再度乗算され、拡散信号は狭帯域で高レベルの元の信号になり、逆に、妨害波はスペクトル拡散され、広い周波数範囲に低いレベルで拡散された妨害波となる。最後に、逆拡散器 13 により逆拡散された信号は、復調器 14 により送信側の変調方式に応じて復調され、エラーを発生させることなく、元のデータに戻されて出力端子 O/T から出力される。

上記のように、本実施の形態では、バンドパスフィルタ 15, 16 およびレベル検出器 17, 18 により測定点 M1, M2 における挿入損失が検出され、検出された挿入損失の変化に応じて制御部 19 により補助磁界印加膜 38 に供給する電流値が制御される。したがって、温度変化等により静磁波素子 12 の通過帯域がドリフトした場合でも、補助磁界印加膜 38 に流す電流値を制御して補助磁界 h の強度が調整され、静磁波素子 12 の通過帯域を常に適正な範囲に設定することができるので、妨害波除去装置の通信品質を常に良好な状態に保つことができる。

次に、本発明の第 4 の実施の形態による妨害波除去装置について説明する。第 4 の実施の形態による妨害波除去装置は、図 9 に示す妨害波除去装置において、補助磁界印加膜 38 により補助磁界を印加する静磁波素子 12 の代えて電磁石により補助磁界を印加する静磁波素子を用い、制御部 19 等により電磁石に印加する電流を制御するものであり、静磁波素子以外の構成は、図 9 に示す妨害波除去装置と同様であるので図示を省略し、電磁石を用いた静磁波素子についてのみ以下に詳細に説明する。

図 14 は、本発明の第 4 の実施の形態による妨害波除去装置に用いられる静磁波素子の構成を示す模式的平面図であり、図 15 は、図 14 における C-C' 線断面図である。

図 14 および図 15 に示す静磁波素子 12' と図 10 ~ 図 12 に示す静磁波素子 12 とで異なる点は、補助磁界印加膜 38 が省略されるとともに、YIG 膜 31 の両側に電磁石 39, 40 が新たに付加された点であり、その他の点は図 10 ~ 図 12 に示す静磁波素子 12 と同様であるので同一部分には同一符号を付し、以下異なる点のみ詳細に説明する。

図 14 および図 15 に示すように、永久磁石 35 と YIG 膜 31 との間に電磁

石39が配置され、YIG膜31と永久磁石36との間に電磁石40が配置されている。したがって、第1の実施の形態と同様に、制御部19により電磁石39、40に所定の電流を供給することにより、永久磁石35、36により印加される直流磁界Hと同一方向に補助磁界hを印加することができる。

図16は、図14に示す電磁石39、40として用いられる薄膜コイルの一例の構成を示す斜視図であり、図17は、図16におけるD-D'線断面図である。

図16および図17に示すように、基板SBの上に所定の絶縁層R1、R2を介して渦巻き状にコイルCLが形成されている。コイルCLの周囲には、所定の温度でペークされた有機系のレジスト層からなる絶縁層R1が形成され、絶縁層R1の外側は、同様のレジスト層をさらに高温でペークしてより硬度を高めた絶縁層R2が形成されている。

このような薄膜コイルは、通常のハードディスクドライブ装置の薄膜ヘッドを作製する技術と同様の技術を用いることにより作製することができ、コイルCLの材質としては、例えば、Cuが用いられ、絶縁層R1、R2および基板SBの材質等は特に限定されない。

コイルCLの一端は端子T1に接続され、内側の他端は端子T3に接続されている。また、端子T3は、所定の配線を介して端子T2に接続されている。したがって、制御部19により端子T1、T2に所定の電流を印加することにより、コイルCLに電流が流れ、図示のように補助磁界hが発生される。

図16および図17に示すコイルCLは、図示を簡略化するため、コイルの巻き数として3ターンしか巻回されていない状態を図示しているが、実際には、75ターン巻回されており、端子T1、T2から5Aの電流を印加することにより、5Oe (370A/m) の磁界強度で補助磁界hを発生させることができる。

本実施の形態では、電磁石39、40が補助磁界印加装置に相当し、その他の点は、第3の実施の形態と同様である。

上記のように、本実施の形態でも、制御部19により電磁石39、40に流す電流値を制御して静磁波素子12'の通過帯域のドリフトを補正するように補助磁界hの強度を調整することができるので、静磁波素子12'の通過帯域を常に適正な範囲に設定することができ、第3の実施の形態と同様の効果を得ることができ

できる。

図9の妨害波除去装置では、図10～図12に示す静磁波素子12または図14および図15に示す静磁波素子12'を用いているが、図9の妨害波除去装置において静磁波素子12として図1および図2に示した静磁波素子または図5および図6に示した静磁波素子を用いてもよい。

なお、上記の各実施の形態では、直接拡散方式によりスペクトル拡散された拡散信号から妨害波を除去する場合について説明したが、本発明は、この方式による拡散信号に特に限定されず、周波数ホッピング方式等によりスペクトル拡散された他の拡散信号にも同様に適用することができる。

本発明が詳細に記載されかつ説明されたが、それは実施および例としてのみであり、限定として翻訳されるべきものではなく、本発明の精神および範囲は添付されたクレームの用語によってのみ限定される。

クレーム

1. 第1および第2の端面を有し、静磁波材料からなる磁性層を備え、

前記磁性層は、前記第1の端面と前記第2の端面との間で静磁波を伝搬させ、

前記第2の端面は、前記第1の端面に対して第1の間隔を有する第1の部分と、前記第1の端面に対して前記第1の間隔と異なる第2の間隔を有する第2の部分とを有する、静磁波素子。

2. 前記第1の部分は、前記第1の端面に対して前記第1の間隔で平行に配置された第1の端面部を含み、

前記第2の部分は、前記第1の端面に対して前記第2の間隔で平行に配置された第2の端面部を含む、請求項1記載の静磁波素子。

3. 前記静磁波素子は、前記第1および第2の端面間で静磁波を共振させる共振器である、請求項1記載の静磁波素子。

4. 前記磁性層は、前記第1および第2の端面と交わる方向に所定間隔だけ隔てて配置される第1および第2の磁性層を含む、請求項1記載の静磁波素子。

5. 前記第1および第2の磁性層のうちの一方の上に配置される入力用線路と、前記第1および第2の磁性層のうちの他方の上に配置される出力用線路とをさらに備える、請求項4記載の静磁波素子。

6. 第1および第2の端面を有し、静磁波を伝搬させる静磁波材料から磁性層を備え、

前記磁性層は、前記第1および第2の端面間に形成された少なくとも1本の溝により複数の磁性層に分離され、前記溝の断面は、少なくとも一つの段差を有する階段状である、静磁波素子。

7. 前記溝の断面形状は、前記溝の中央部が最も深くかつ鏡面対称である、請求項 6 記載の静磁波素子。

8. 前記溝は、機械加工により形成された溝である、請求項 6 記載の静磁波素子。

9. 静磁波を伝搬させる静磁波材料からなり、所定方向に沿って直流磁界が印加される磁性層と、

前記直流磁界の印加方向における前記磁性層の両端部側に設けられる第 1 および第 2 の強磁性層とを備える、静磁波素子。

10. 前記第 1 および第 2 の強磁性層は、前記磁性層の正面の上に形成される、請求項 9 記載の静磁波素子。

11. 前記第 1 および第 2 の強磁性層の対向する端部は、平行でない、請求項 9 記載の静磁波素子。

12. 前記第 1 および第 2 の強磁性層は、硬質磁性材料からなる、請求項 9 記載の静磁波素子。

13. 前記磁性層は、互いに平行な第 1 および第 2 の端面を有し、

前記静磁波素子は、前記第 1 および第 2 の端面間で静磁波を共振させる共振器である、請求項 9 記載の静磁波素子。

14. 前記磁性層は、複数の磁性層を含み、

前記複数の磁性層は、所定間隔を隔てて隣接する磁性層の対向する第 1 および第 2 の端面が平行になるように配置され、

前記第 1 および第 2 の強磁性層は、前記複数の磁性層の各々に設けられる、請求項 13 記載の静磁波素子。

15. 静磁波を伝搬させる静磁波材料からなる磁性体と、

前記磁性体に直流磁界を印加する直流磁界印加装置と、

前記直流磁界印加装置により印加される直流磁界に加えて、その磁界強度を調整可能な補助磁界を前記磁性体に印加する補助磁界印加装置とを備える、静磁波素子。

16. 前記補助磁界印加装置は、コイルに電流を流すことにより磁界を発生する電磁石を含む、請求項15記載の静磁波素子。

17. 前記補助磁界印加装置は、電流を流すことにより磁界を発生する補助磁界印加膜を含む、請求項15記載の静磁波素子。

18. その主面に前記磁性体が配置される基板をさらに備え、

前記補助磁界印加膜と前記磁性体とが前記基板を挟むように配置される、請求項1-7記載の静磁波素子。

19. 入力信号から妨害波を除去する妨害波除去装置であつて、

静磁波を伝搬させる静磁波材料からなる磁性体、前記磁性体に直流磁界を印加する直流磁界印加装置、および前記直流磁界印加装置により印加される直流磁界に加えてその磁界強度を調整可能な補助磁界を前記磁性体に印加する補助磁界印加装置を含む静磁波素子と、

前記静磁波素子の前記補助磁界印加装置から発生される補助磁界の強度を制御する制御装置とを備え、

前記静磁波素子は、所定のフィルタリング帯域を有する静磁波フィルタであり、前記制御装置は、

前記静磁波フィルタのフィルタリング帯域の変化を検出する検出装置と、

前記検出装置により検出されたフィルタリング帯域の変化に応じて前記補助磁界印加装置に供給する電流値を制御する電流制御装置とを含む、妨害波除去装置。

20. 前記検出装置は、前記静磁波フィルタの挿入損失の変化を検出する挿入損失検出装置を含む、請求項19記載の妨害波除去装置。

21. 前記挿入損失検出装置は、前記静磁波フィルタのフィルタリング帯域のエッジ部における挿入損失の変化を検出する、請求項20記載の妨害波除去装置。

22. 前記挿入損失検出装置は、前記静磁波フィルタのフィルタリング帯域の高周波側および低周波側のエッジ部における挿入損失の変化を検出する、請求項21記載の妨害波除去装置。

要約

GGG基板の上に形成したYIG膜を階段形状の溝によりYIG膜に分離して端面間の間隔が異なるYIG膜を作製し、間隔が異なる端面間で静磁波を共振させる2つのYIG膜を結合して共振器を構成する。あるいは、接地基板上にGGG基板を配置し、GGG基板上にYIG膜を配置し、YIG膜の主面上でかつYIG膜の長手方向の両端部側に強磁性層をそれぞれ配置し、YIG膜の長手方向に沿って直流磁界を印加し、YIG膜の上に配置された入力用電極から入力信号を入力してYIG膜内に静磁波を伝搬させ、YIG膜の上に配置された出力用電極から出力信号を得る。バンドパスフィルタおよびレベル検出器により静磁波素子の通過帯域の低周波側および高周波側のエッジ部における挿入損失を検出し、検出された挿入損失の変化に応じて制御部により補助磁界印加膜に供給する電流値を制御し、温度変化等による静磁波素子の通過帯域のドリフトを補正するよう補助磁界印加膜から発生する補助磁界の強度を調整する。